

Tarde técnica sobre:

Difusão do ar em espaços climatizados com pé-direito entre 2,6 e 4 m

Especial análise à difusão do ar em espaços sem teto falso

Orador: António Sampaio

Responsável técnico do dep. de Ar Condicionado  
do Grupo Contimetra & Sistimetra



## Sobre a Trox

### Motto

The human being is the yardstick, and people's well-being is our goal.

### Heinz Trox

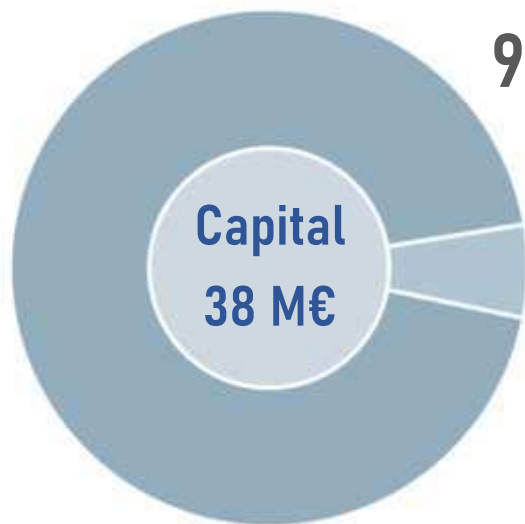
\* 29 Junho 1934

† 1 Outubro 2015

### Lema

“O ser humano é o protagonista, o seu bem estar o nosso objetivo”

## A Trox hoje



**94% Fundação Heinz Trox**

**6% Programa de ações dos colaboradores**

Trox uma referência mundial no desenvolvimento, fabricação e distribuição de componentes e sistemas para instalação de ventilação e ar condicionado.

Ano 2020

516 M€



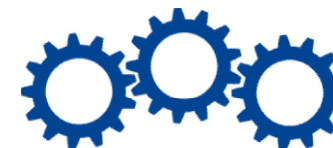
de Euros em vendas

4.000



Colaboradores

32



Filiais em  
5 Continentes

19



Fábricas  
Distribuídas por 11 países

>70



países com a presença de  
representantes

Foco no cliente



Desenvolvimento de soluções  
À medida como resposta aos  
Desafios dos nossos clientes

Formação como pedra basilar  
da nossa presença no  
mercado

Mais de **500** eventos em todo o mundo

Forte ligação à universidade  
técnica de Aachen  
(RWTHAACHEN)

Todo o tipo de perfil:  
propriedades, arquitetos,  
consultores de engenharia,  
instaladores, funcionários



**TROX**® ACADEMY

## Desde o longínquo ano de 1964

## Trox em Portugal = Contimetra & Sistimetra

A Contimetra & Sistimetra têm mantido uma presença no mercado AVAC em Portugal com elevado valor técnico no fornecimento de componentes das seguintes famílias

- Difusão do ar
- Segurança contra incêndios- Registos corta fogo, TroxNetCom
- Regulação de caudais de ar – Registos “estáticos” e registos automáticos
- UTA's
- Sistemas de controlo de vários tipos (conforto, laboratorial, outros)
- GTC

## Edificação: Tendência do mercado

- Sustentabilidade
- Otimização energética
- Conforto



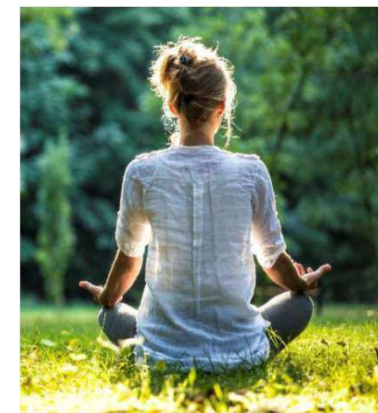
## Programa desta apresentação

1. Parâmetros de conforto e qualidade do ar interior
2. Efeito Coanda e alcance crítico
3. Difusão em espaços sem teto falso
4. Conclusões

90% em espaços interiores



10%  
no exterior





## 1. Conforto e qualidade do ar interior



## Parâmetros de conforto do ar interior

	Temperatura ambiente	←
	Gradiente da temperatura	←
	Assimetria da temperatura	
	Velocidade do ar	←
	Índice de turbulência	
	Humidade relativa	
	Nível de contaminação	
	Ar ventilado	
	Nível sonoro	←

### EN 16798-1 Ventilação em edifícios

**Parte 1:** Parâmetros dos espaços interiores a ter em consideração para a conceção e avaliação da eficiência energética e a qualidade do ar interior dos edifícios – condições térmicas, iluminação e ruído.

**Nota:** esta norma irá agrupar e atualizar várias normas em vigor tais como:

EN 15251 – Parâmetros (de conforto) a observar nos espaços interiores.

EN 16798-3 – Ventilação em edifícios não residenciais

ISO 7730 – Ergonomia do ambiente térmico – determinação analítica e interpretação do conforto térmico mediante o cálculo dos índices PMV (voto médio previsto) e PPD (Percentagem de Insatisfação Previsto)

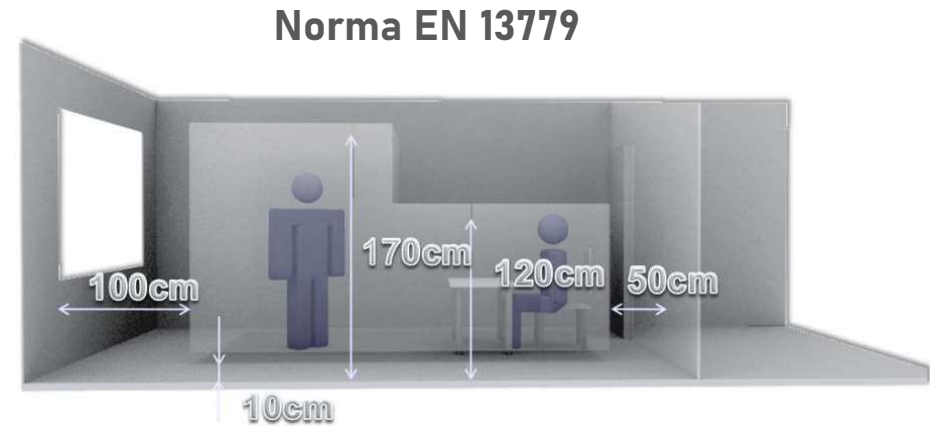
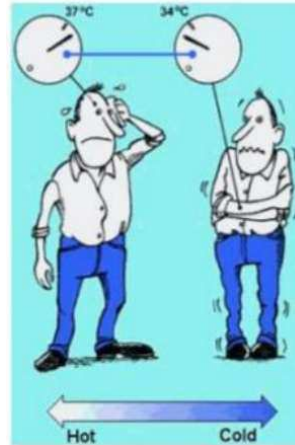
## QAI – Conforto térmico sim, mas onde ?

### O que é conforto térmico

Segundo a norma ISO 7730  
“Aquele condição da mente em que se expressa satisfação com o ambiente térmico”

Segundo a ASHRAE  
“É um estado de espírito que reflete a satisfação com o ambiente térmico que rodeia a pessoa”

ASHRAE refere que para analisar o CONFORTO TÉRMICO, há que ter em conta não só a temperatura e humidade relativa do ar, mas também o movimento do ar, a temperatura radiante o tipo de atividade e o vestuário



## A RETER

**Na zona ocupada os valores dos parâmetros de conforto médios:**

Ruído (nível de pressão sonora) <40 dB(A)

Temperatura: entre 20 e 26°C

Humidade relativa: entre 40 a 60 % Hr

Velocidade média do ar: entre 0,05 e 0,15 m/s (como máximo 0,2 m/s)

Nível de turbulência do ar: <20%

Diferenças de temperaturas entre a altura do tornozelo e altura da cabeça <2°C (máx.3°C)

## Como distribuir o ar corretamente ?

### A reter:

Só uma boa estratégia de difusão do ar conduz a uma zona ocupada com velocidades do ar e estratificação de acordo com os regulamentos.

Só a força dinâmica do ar de insuflação faz a movimentação controlada do ar na zona ocupada.

**A extracção do ar, pouca ou nenhuma influência tem na distribuição do ar na zona ocupada.**

A insuflação do ar tratado no espaço ambiente pode ser feita de acordo com duas estratégias sobejamente conhecidas dos profissionais de AVAC:

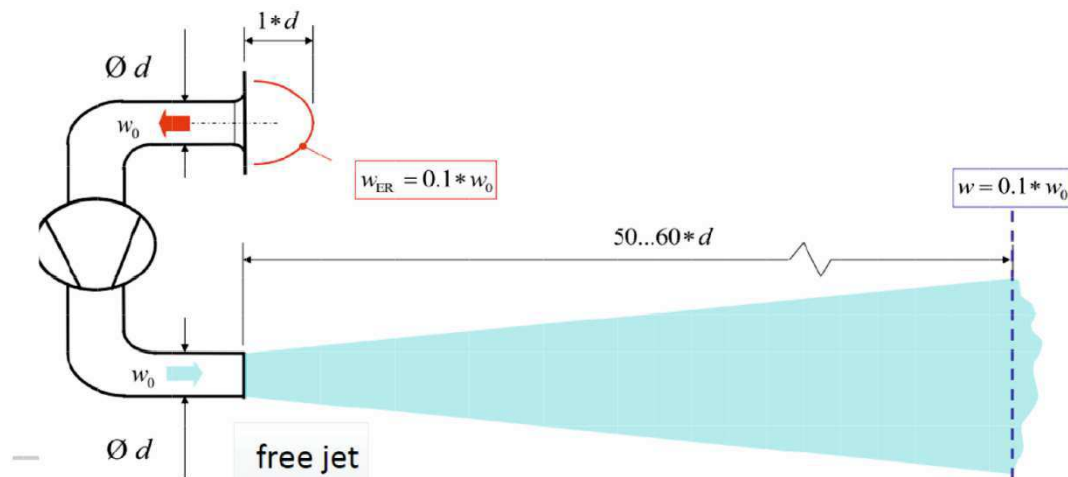
**Difusão por mistura de ar**

**Difusão por deslocamento de ar**

## Como distribuir o ar corretamente - Extração

### Efeito do ponto de remoção do ar de extração

- Perto do teto: mais conveniente
- Perto do chão: mais eficiente em termos de energia
- Sistemas de fluxo de deslocamento (displacement): a remoção de ar extraído perto do chão deve ser evitada
- As aberturas de entrada e saída de ar devem ser localizadas de modo a evitar “curto-circuito” e garantir assim a mais elevada “eficiência de ventilação”
- O ponto de remoção do ar de extração não afeta o fluxo de ar na sala

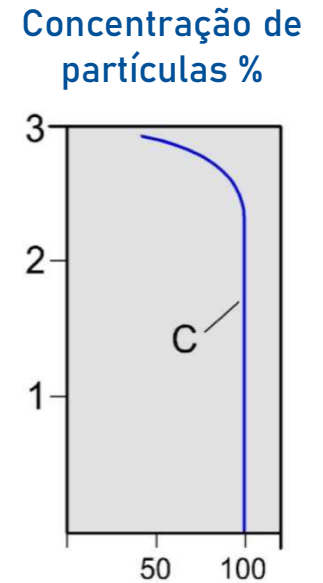
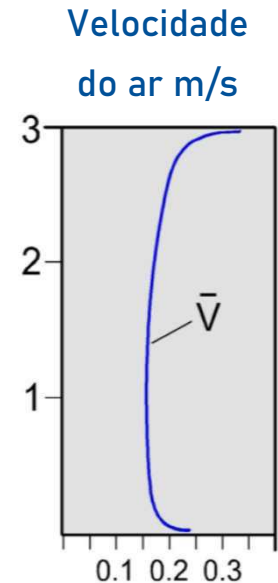
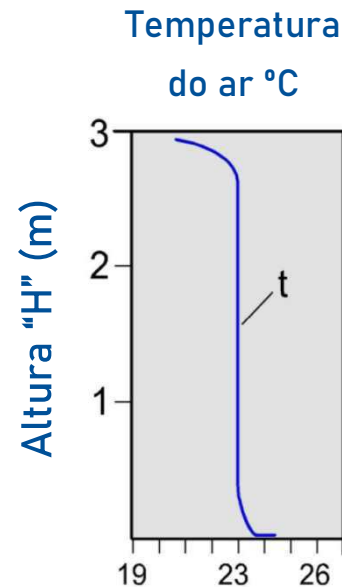
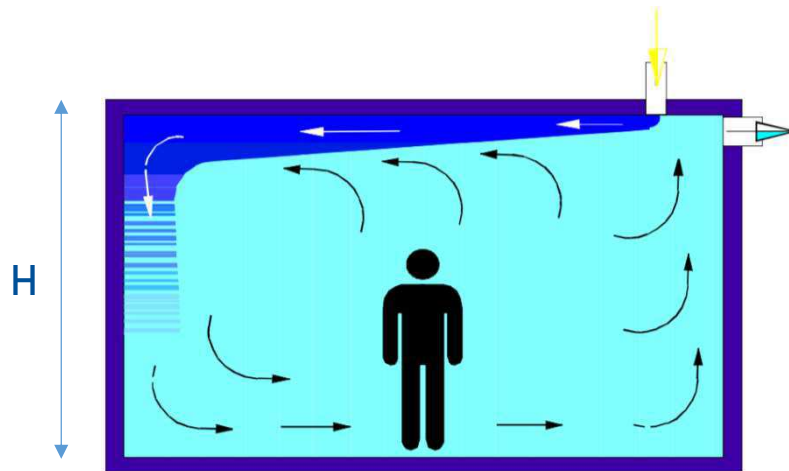


## Como distribuir o ar corretamente – Insuflação Difusão por mistura do ar ambiente

As unidades terminais podem ser montados no teto, paredes ou conduta à vista

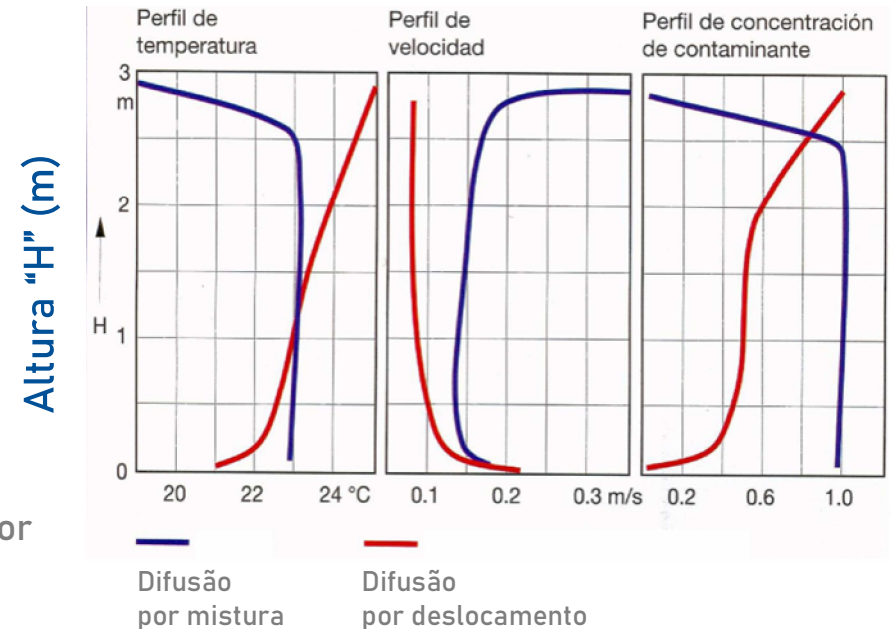
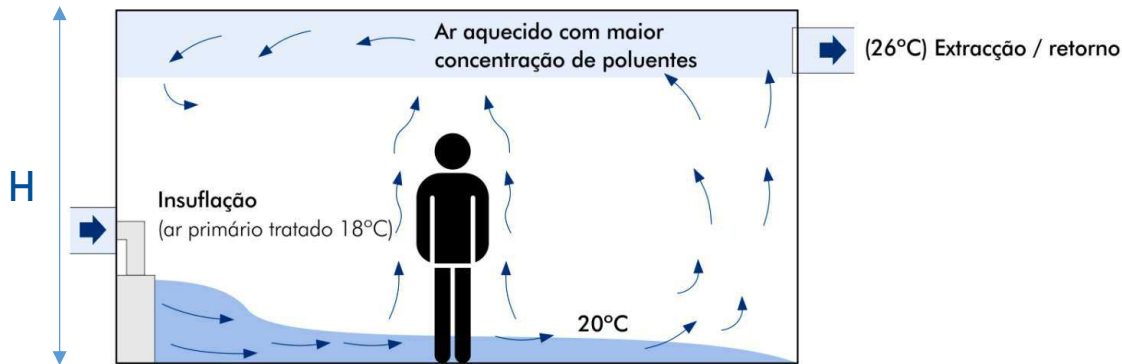
Alta velocidade de insuflação do ar

A mistura é feita por indução do ar ambiente



## Como distribuir o ar corretamente – Insuflação Difusão por deslocamento do ar (displacement)

O ar primário (ar novo, ou mistura de caudais) é insuflado a baixa velocidade por forma a não se misturar com o ar ambiente, expulsando-o da camada inferior, junto ao solo, que passa a ser ocupada por ele - *displacement*. As fontes de calor são as propulsoras deste ar para a zona superior onde será extraído.



Caraterísticas: os ocupantes “são banhados” constantemente por ar tratado e com baixo teor de poluentes. Há no entanto uma estratificação da temperatura do ar desde o nível do chão até à zona do teto.



## 2. Efeito Coanda e alcance crítico



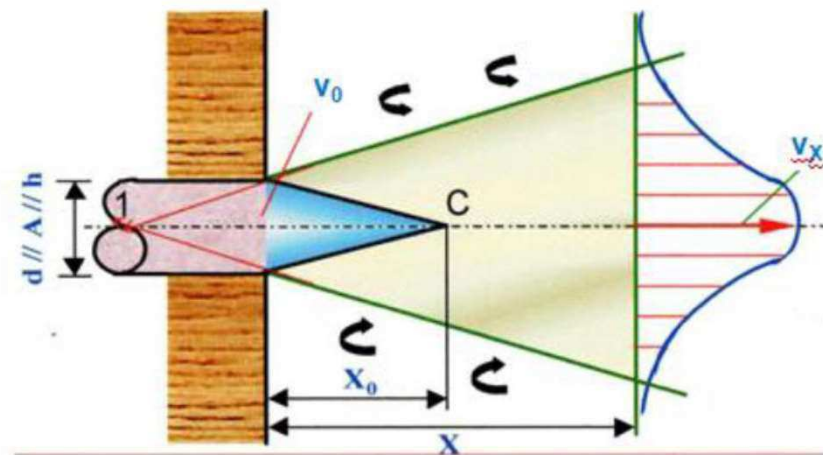
## Fluxo de ar isotérmico

Um fluxo de ar é denominado isotérmico quando a sua temperatura é igual à temperatura do ar ambiente

Um fluxo de ar em descarga livre que não encontre obstáculos que alterem as suas condições aerodinâmicas

Um fluxo induz ar em todo o seu perímetro

A velocidade a uma determinada distância depende da velocidade de insuflação e da geometria do difusor



Para fluxos de ar através de saídas retangulares e proporção de 1:8



$$\Rightarrow \frac{v_x}{v_0} = c * \frac{\sqrt{A}}{X}$$

Para fluxos de ar através de saídas retangulares e proporção de 1:10



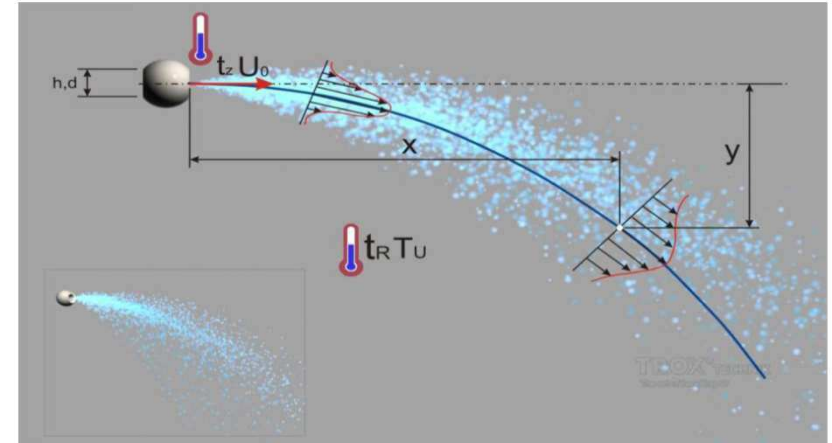
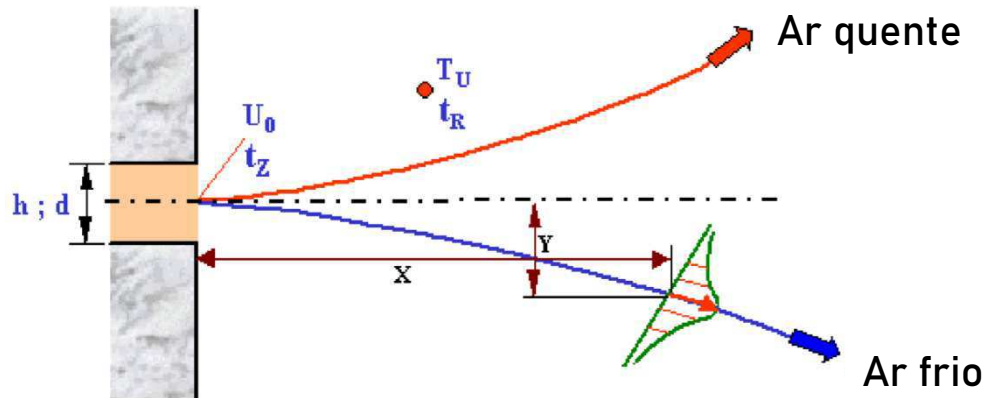
$$\Rightarrow \frac{v_x}{v_0} = c * \sqrt{\frac{h}{X}}$$

Para fluxos de ar através de saídas circulares



$$\Rightarrow \frac{v_x}{v_0} = c * \frac{d}{X}$$

## Fluxo de ar horizontal não isotérmico



$$A_r = \frac{\text{Força de impulsão ascendente ou descendente do ar no local}}{\text{Forças de inércia}}$$

$A_r =$  Nr de Arquimedes

Saída retangular  $A_r = \frac{g * \sqrt{A} * \Delta t}{T_r * u_0^2}$

Saída circular  $A_r = \frac{g * d * \Delta t}{T_r * u_0^2}$

Saída linear  $A_r = \frac{g * h * \Delta t}{T_r * u_0^2}$

## Fluxo de ar vertical não isotérmico

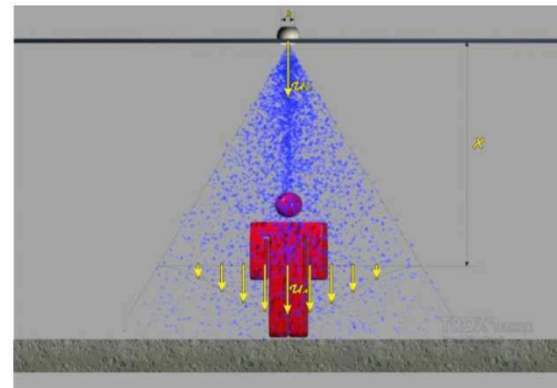
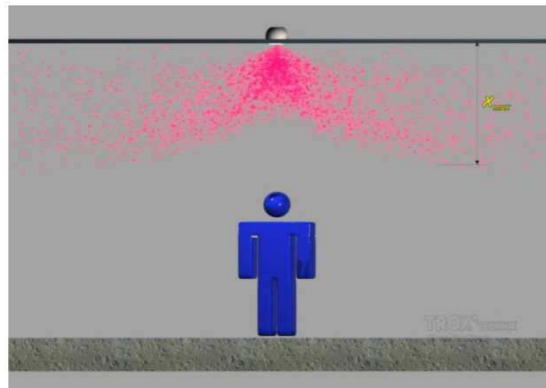
A influência do número de Arquimedes em conjunto com a força da gravidade é especialmente importante

a) A força de ascensão ou de queda do ar tem a mesma direção que a força da gravidade:

Insuflação de ar frio do teto ou ar quente do chão: **umenta a velocidade do ar**

b) A força de ascensão ou de queda do ar tem a direção oposta à da força da gravidade:

Insuflação de ar quente do teto e ar frio da chão: **diminui a velocidade do ar**



## Fluxo de ar com efeito Coanda no teto

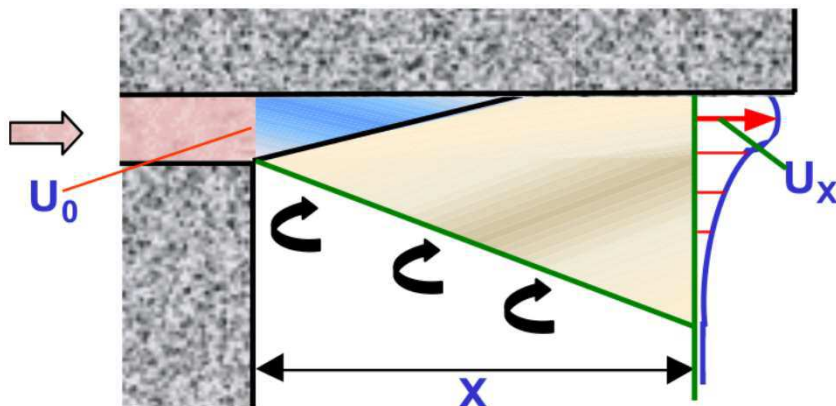
Quando a saída de ar está junto a uma superfície, não se forma um fluxo livre

A indução do ar somente é produzida na parte inferior do fluxo

A velocidade do fluxo do ar aumenta proporcionalmente na raiz quadrada de 2



Henri Marie Coandă

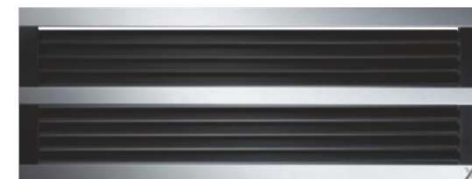


$$\begin{aligned}
 & \text{1 } \boxed{< 8} \longrightarrow \frac{U_x}{U_0} = \sqrt{2} * C * \frac{\sqrt{A}}{x} \\
 & \text{1 } \boxed{> 12} \longrightarrow \frac{U_x}{U_0} = \sqrt{2} * C * \left(\frac{h}{x}\right)^{0,5}
 \end{aligned}$$

## Insuflação em espaços com 2,6 a 4 metros de pé-direito

### As Grelhas

Têm uma forte limitação como elementos de difusão uma vez que não podem ser montadas no teto e a sua montagem na parede condiciona o caudal máximo a insuflar.



#### Utilização

Espaços reduzidos

#### Caudal máximo ( $\dot{V}_{\text{máx}}$ )

Não deve exceder as 10 renovações por hora ou seja:

$\dot{V}_{\text{máx}} \simeq \text{Volume da sala} \times \text{Número de renovações/hora}$

$$\dot{V}_{\text{máx}} \simeq 10 \times \text{Volume da sala/h}$$

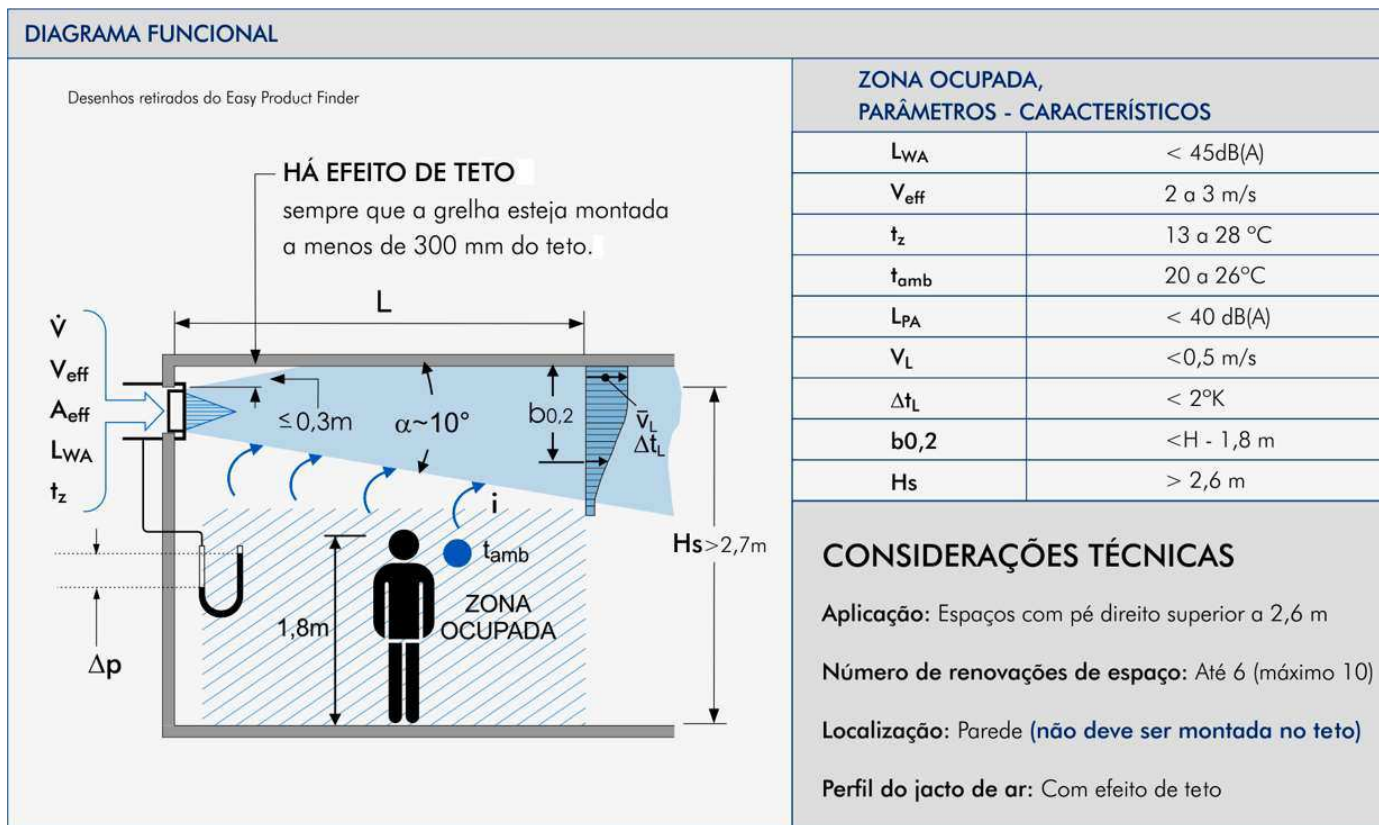
#### Localização

O mais alto possível (junto ao tecto)

#### Tipo de grelha

Dupla fiada de lâminas móveis e registo de regulação de caudal ou de lâminas horizontais fixas e 2º conjunto de lâminas verticais móveis

## Grelhas na situação de insuflação





## Grelhas na situação de insuflação

### A RETER:

Da análise dos parâmetros do fluxo do ar à distância "L" a TROX (\*) assegura que:

**"Se a velocidade residual do ar na zona ocupada à distância "L" for inferior, ou igual, a 0,2 m/s então o mesmo se passa em todo o espaço dessa zona."**

(\*) Ensaios levados a cabo nos seus laboratórios e salas de ensaio reconhecidos por entidades oficiais competentes.

$$V_{\text{eff}} = \frac{\dot{V}}{A_{\text{eff}} \times 3600}$$

$\dot{V}$  (m<sup>3</sup>/h)  
 $A_{\text{eff}}$  (m<sup>2</sup>)  
 $V_{\text{eff}}$  (m/s)

(1) Na prática pode-se considerar que o espaço ambiente atenua cerca de 5 dB(A). Ou seja  $L_{PA} \cong L_{WA} - 5 \text{ dB(A)}$ .

(2) b0,2: este parâmetro permite avaliar se a grelha em análise pode ou não ser utilizada num espaço:  
 Hs (pé direito do espaço) - b0,2 > 1,8m (ocupantes em pé)  
 Hs (pé direito do espaço) - b0,2 > 1,3m (ocupantes sentados)

(3) i - indução: é definido como a relação entre volume de ar em movimento à distância "L" e o caudal de ar de insuflação.

### LEGENDA

$V_{\text{eff}}$	m/s	Velocidade efectiva (à saída da grelha)
$A_{\text{eff}}$	m <sup>2</sup>	Área efectiva da grelha ou na situação de insuflação
$\dot{V}$	m <sup>3</sup> /h	Caudal de ar total
$L_{WA}$	dB(A)	Nível de potência sonora gerada na grelha
$L_{PA}^{(1)}$	dB(A)	Nível de pressão sonora
$L$	m	Distância da grelha à qual se analisam os parâmetros aerodinâmicos, habitualmente é o alcance máximo no espaço ambiente a ventilar
$t_{\text{amb}}$	°C	Temperatura ambiente
b0,2 <sup>(2)</sup>	m	Distância do tecto à qual a velocidade do ar é 0,2 m/s à distância "L"
$H$	m	Altura da localização da grelha em relação à zona ocupada
$t_z$	°C	Temperatura do ar insuflado
$t_L$	°C	Temperatura do ar de insuflação junto ao tecto à distância "L"
$\Delta t_z$	°K	Diferença de temperatura $t_z - t_{\text{amb}}$
$\Delta t_L$	°K	Diferença de temperatura $t_L - t_{\text{amb}}$
i <sup>(3)</sup>		Indução do ar ambiente à distância "L"
$\Delta p$	Pa	Diferença entre a pressão estática na conduta de insuflação e a pressão do ar ambiente



## Insuflação em espaços com 2,6 a 4 metros de pé-direito

### Os difusores radiais

Constituem a solução adequada para esta situação desde que o número de renovações não exceda as 20.

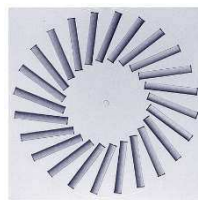
É imprescindível a sua montagem em tecto falso caso contrário a sua performance baixa consideravelmente. Em sistemas VAV é necessário uma atenção particular ao caudal mínimo aceitável.



## Insuflação em espaços com 2,6 a 4 metros de pé-direito

### Os difusores rotacionais

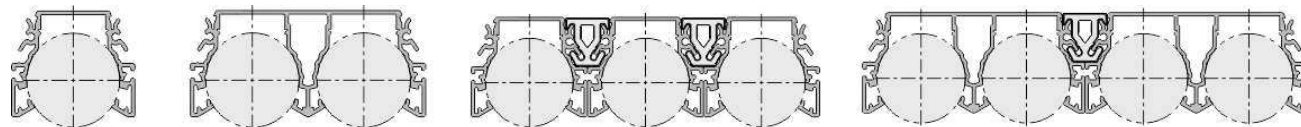
Constituem a solução mais adequada tanto em flexibilidade de montagem como ao nível da indução do ar ambiente como ainda na variação do caudal nominal. São próprios para sistemas VAV.



## Insuflação em espaços com 2,6 a 4 metros de pé-direito

### Os difusores lineares

Este tipo de difusores constituem uma óptima solução de difusão tendo em linha de conta a distribuição uniforme do ar insuflado em todo o espaço, sendo bastante flexíveis na orientação do fluxo de ar - considerando a mobilidade dos seus mini-defletores (com 15 cm de comprimento) - conseguindo também um elevado grau de indução. Em sistemas VAV é necessário uma atenção particular ao caudal mínimo aceitável.



## Insuflação em espaços com 2,6 a 4 metros de pé-direito

### Exemplos de difusores



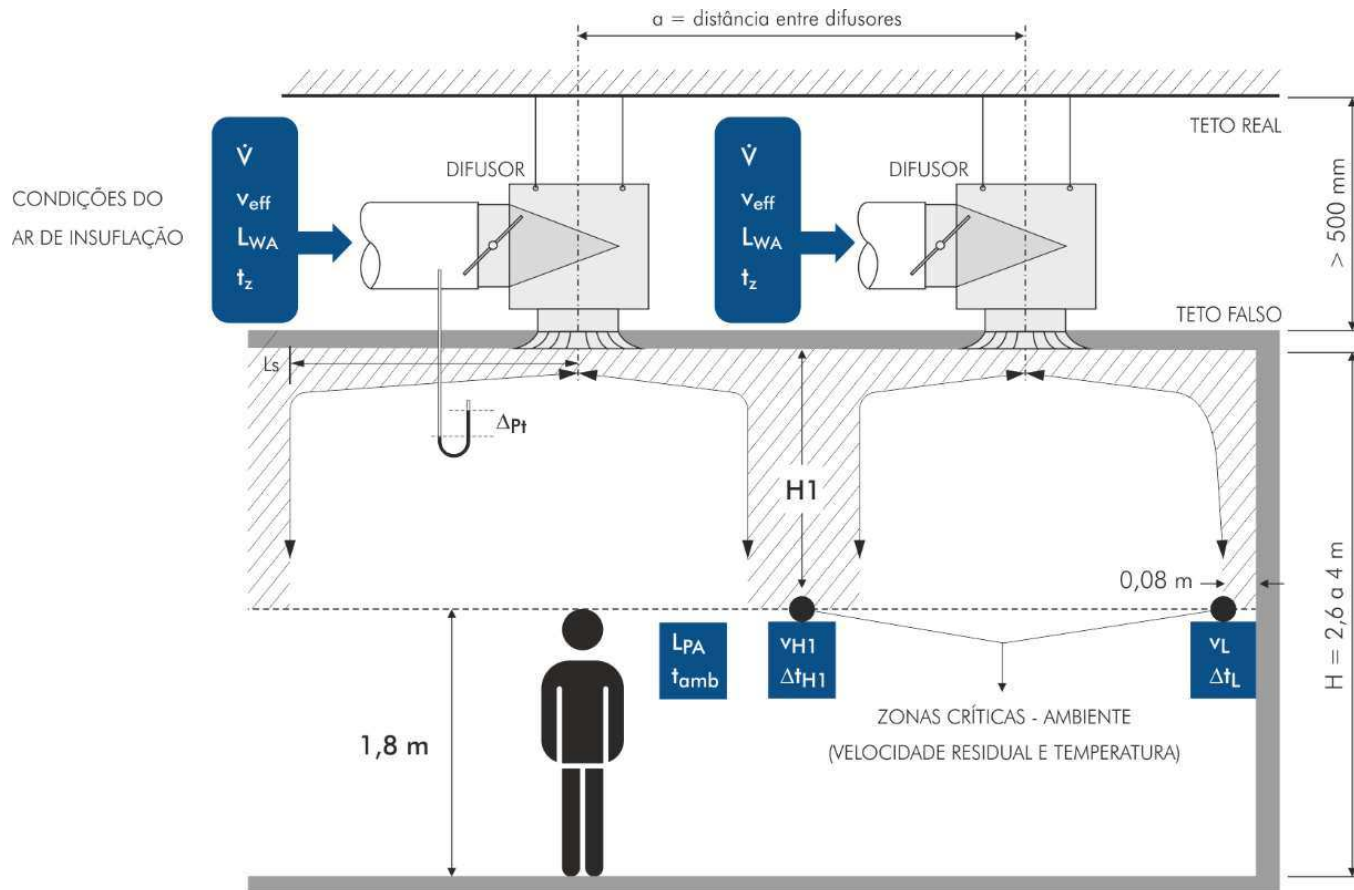
### Princípio de funcionamento: efeito de teto ou efeito Coanda

Condições para se conseguir este efeito:

Desenho apropriado do difusor tanto na forma das suas lâminas deflectoras e seu espaçamento como na velocidade efetiva do ar ( $V_{eff} > 2\text{m/s}$ ).



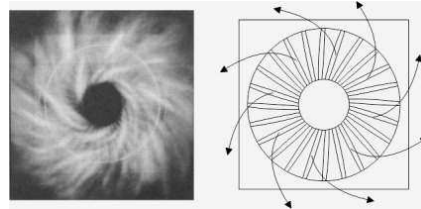
# Insuflação do ar através de difusores no teto



## Insuflação do ar através de difusores no teto

### Difusores rotacionais - princípio de funcionamento/aplicação

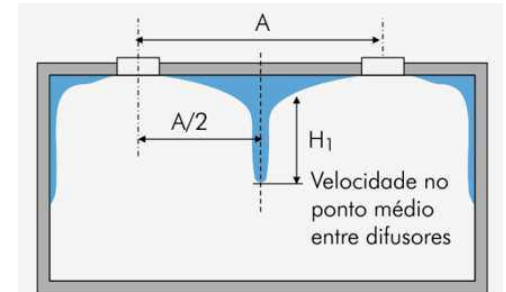
Estes difusores são apelidados de rotacionais ou de alta indução tendo em conta o efeito de "rotação que o ar por eles insuflado provoca no ar-ambiente.



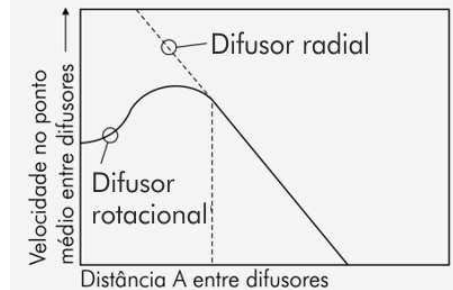
#### VANTAGENS:

Rápida uniformização da velocidade do ar e da temperatura na zona de ocupação.

Permite um elevado caudal de ar para remoção de carga térmica ambiente (até 30 renovações/hora) tendo em conta que poderão ser colocados em fiadas com distância entre eles muito curta (inferior a 1,2 m) sem que se verifique desconforto na zona de ocupação.

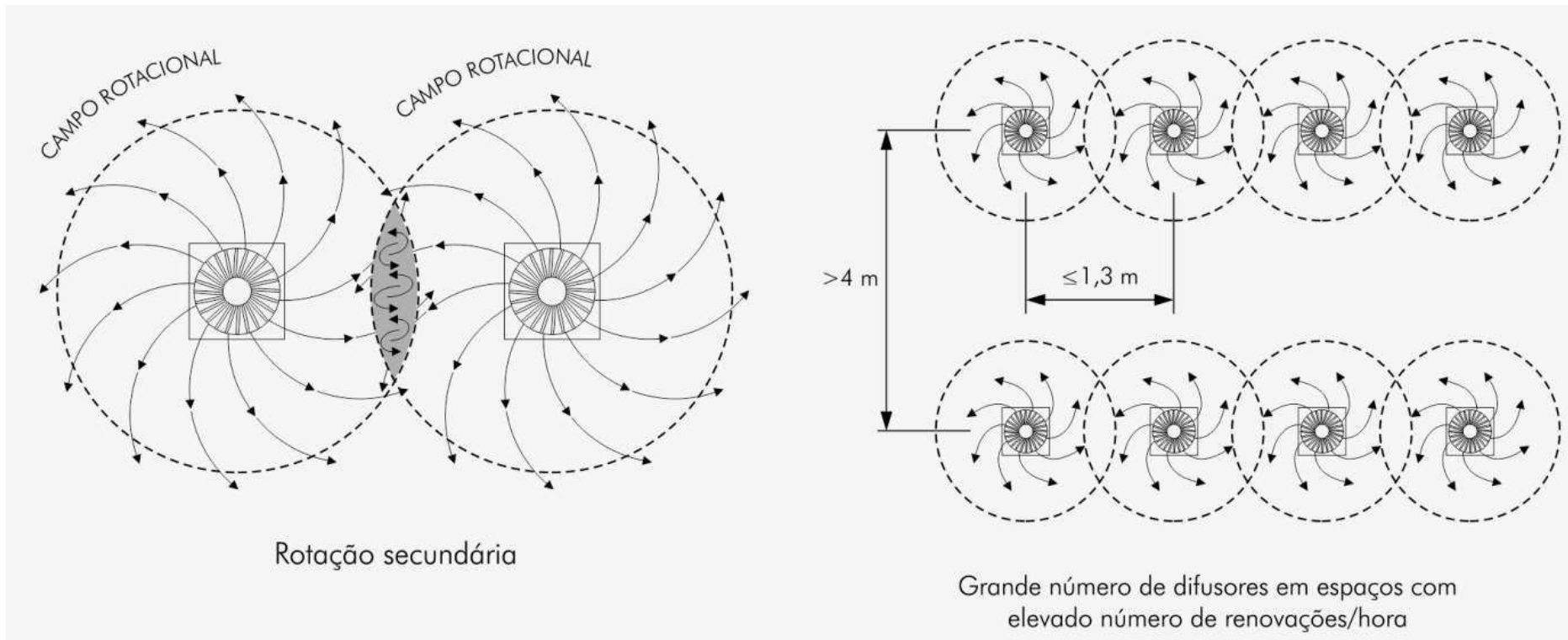


Difusores múltiplos no espaço



Características do difusor

## Insuflação do ar através de difusores no teto





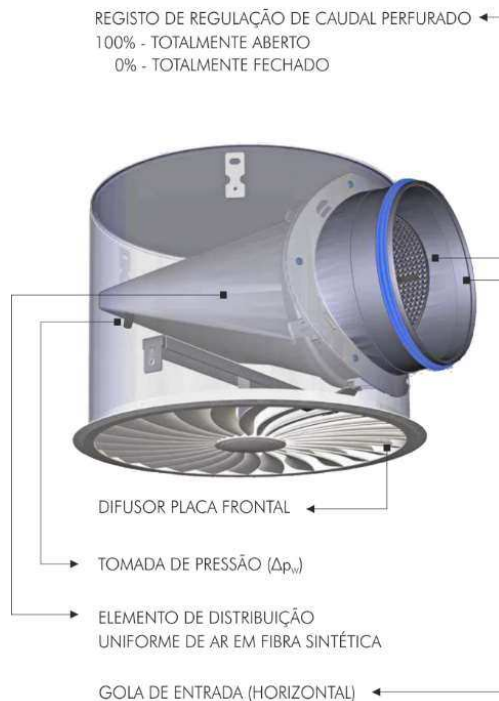
# Insuflação do ar através de difusores no teto

## A Reter:

A TROX (1) assegura que:  
 «Se a velocidade  $v_{H1}$  for inferior a 0,2 m/s e a velocidade  $v_L$  for inferior a 0,5 m/s então em toda a zona ocupada teremos uma velocidade residual inferior a 0,2 m/s.»

(1) Em ensaios levados a cabo nos seus laboratórios e salas de teste reconhecidos por entidades oficiais competentes

DIFUSOR - COMPOSIÇÃO TIPO



LEGENDA (Valores usuais)

$\dot{V}$	Caudal do ar de insuflação (100 a 700 m <sup>3</sup> /h)
$t_{amb}$	Temperatura ambiente (21 a 25°C)
$t_z$	Temperatura do ar de insuflação (14°C a 26°C)
$v_L$	Velocidade residual junto à parede (0,3 a 0,7 m/s)
H1	Distância entre o tecto e o limite superior da zona ocupada (0,8 a 1,2 m)
$v_{H1}$	Velocidade residual à altura H1 entre dois difusores adjacentes (0,05 a 0,20 m/s)
$\Delta t_{H1}$	Diferença de temperaturas (<2°K) ( $t_{H1}$ e $t_{amb}$ )
$\Delta t_z$	Diferença de temperaturas (-12 a 4°K) ( $t_z$ e $t_{amb}$ )
$v_{eff}$	Velocidade efectiva do ar à saída do difusor (2,3 a 6 m/s)
$\Delta p_t$	Perda de carga total (15 a 60 Pa)
$L_{WA}$	Nível de potência sonora gerado no difusor (<45dB(A))
$L_{PA}$	Nível de pressão sonora no ambiente, $L_{PA} \cong L_{WA} - 5dB$ (<40dB(A))
$L_s$	Alcance do jato de ar: depende de $v_{eff}$ e $\Delta t_z$ (2,5 a 6m)
$Q_w$	Potência térmica: $Q(w) = \dot{V} (m^3/h) \times 0,366 \times \Delta t_z$
$A_{eff}$	Área efetiva do difusor
$\Delta p_w$	Pressão estática no elemento de distribuição do ar

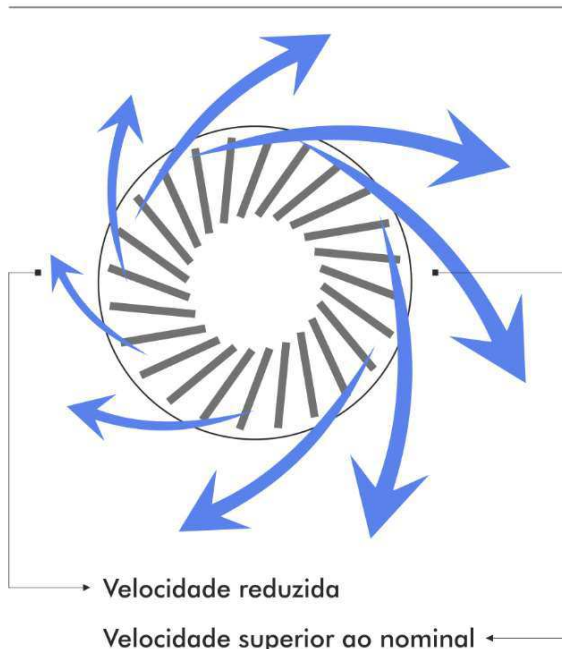


## Insuflação do ar através de difusores no teto

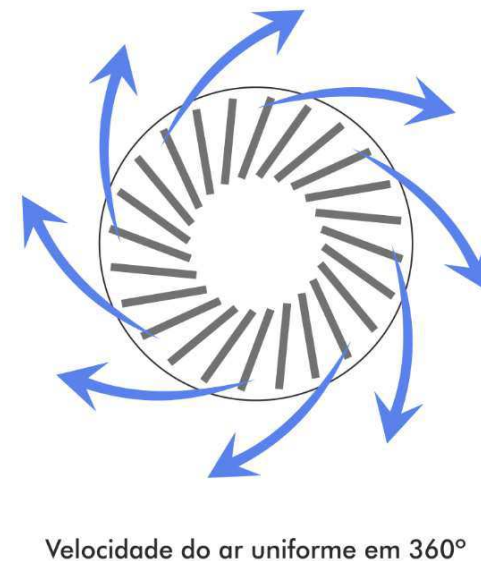
ELEMENTO DE DISTRIBUIÇÃO  
DO AR EM MANTA SINTÉTICA



SEM ELEMENTO



COM ELEMENTO



## Insuflação do ar através de difusores no teto

### CÁLCULO DO CAUDAL

$$\underbrace{\dot{V} \text{ (m}^3\text{/h)}}_{\text{CAUDAL DE AR}} = \underbrace{A_{\text{eff}} \text{ (m}^2\text{)}}_{\text{ÁREA EFETIVA DO DIFUSOR}} \times 3600 \times \underbrace{V_{\text{eff}} \text{ (m/s)}}_{\text{VELOCIDADE MEDIDA COM TUBO DE PITOT + MANÓMETRO}}$$

### TABELA DAS ÁREAS EFETIVAS ( $A_{\text{eff}}$ )

MODELOS	DIMENSÕES	m <sup>2</sup>
VDW (R ou Q)	400 x 16	0,0140
	500 x 24	0,0210
	600 x 24	0,0295
	600 x 48	0,0390
TDF-SA (R ou Q)	400	0,0193
	500	0,0280
	600	0,0400
AIRNAMIC R	400L	0,0186
	400H	0,0258
	600	0,0504



## Alcance crítico para fluxos de ar frio junto ao teto

Chama-se alcance crítico a distância entre o difusor e a zona do teto em que as forças de efeito Coanda e a força de atração de gravidade se equilibram, por outras palavras o jato de ar “cai”, penetrando verticalmente no local.

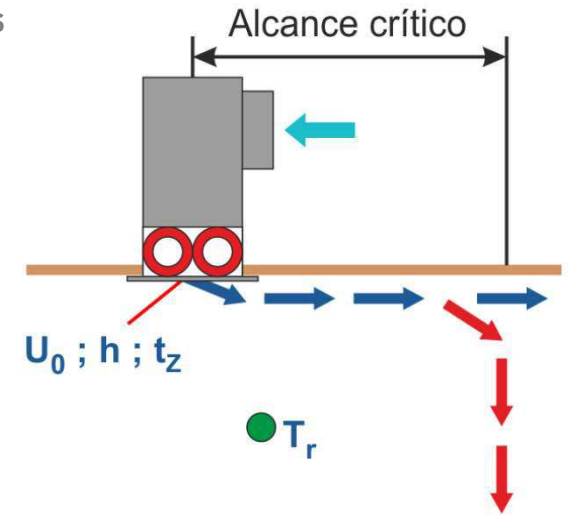
A relação entre as forças que provocam o efeito Coanda e o número de Arquimedes não foram ainda devidamente investigados.

O alcance crítico – ponto onde as forças se equilibram somente se podem determinar perante ensaios.

Nos laboratórios da Trox encontram-se os seguintes alcances:

Difusores lineares:  $X_{\text{crit}} = 0,652 \times \left(\frac{1}{Ar}\right)^{0,455}$

Difusor quadrado/redondo:  $X_{\text{crit}} = 3,33 \times \left(\frac{1}{Ar}\right)^{0,395}$



## Variação do alcance crítico – sistemas VAV

### Os difusores radiais de secção constante

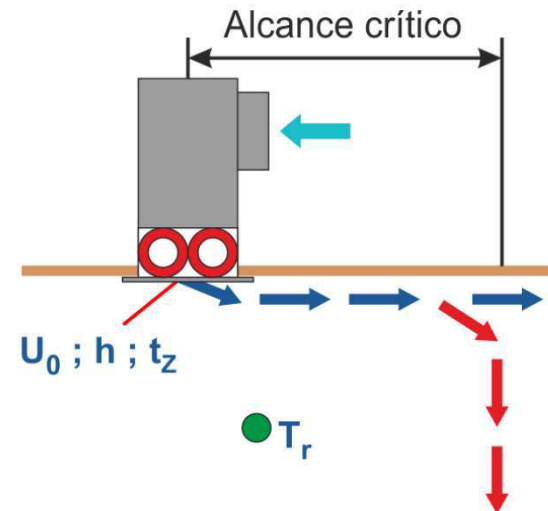
A redução do alcance crítico entre 100% e 25% do caudal de ar é aproximadamente:

$$X_{\text{crit } 25\%} = 1/3 \cdot X_{\text{crit } 100\%}$$

### Os difusores lineares

A redução do alcance crítico entre 100% e 25% do caudal de ar é aproximadamente:

$$X_{\text{crit } 25\%} = 1/3,6 \cdot X_{\text{crit } 100\%}$$



Caudal nominal 44 l/s

Caudal 50% 22 l/s

Caudal 25% 11 l/s

### 3. Difusão do ar em espaços sem teto falso



## Difusão do ar em espaços sem teto falso

Tipo de unidade terminais para instalação sem teto falso

### Efeito Coanda e Alcance Crítico

Tem grande influência em:

- Grelhas de insuflação
- Difusores radiais com aros concêntricos redondos ou quadrados
- Difusores lineares
- Unidades de indução (vigas)

Menos influência em:

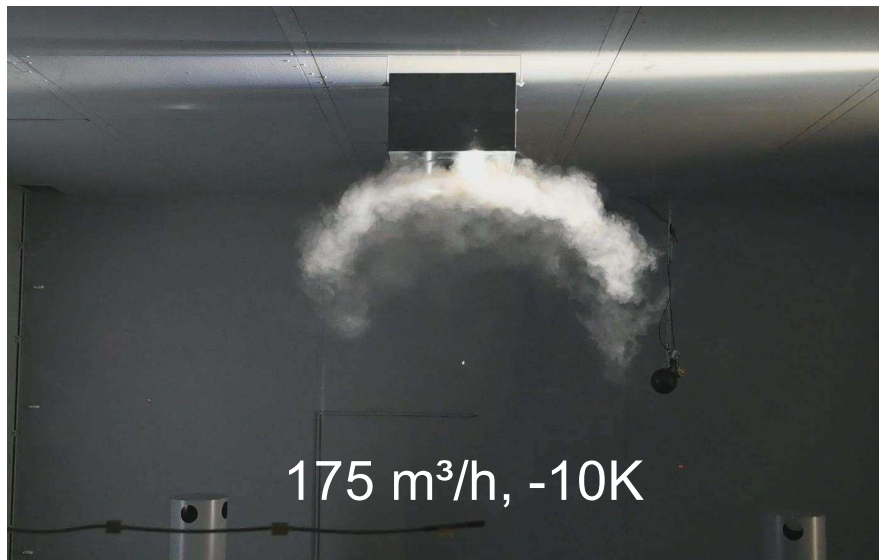
- Difusores de jato livre - injetor
- Difusores rotacionais
- Injetores circulares e lineares (longo alcance)



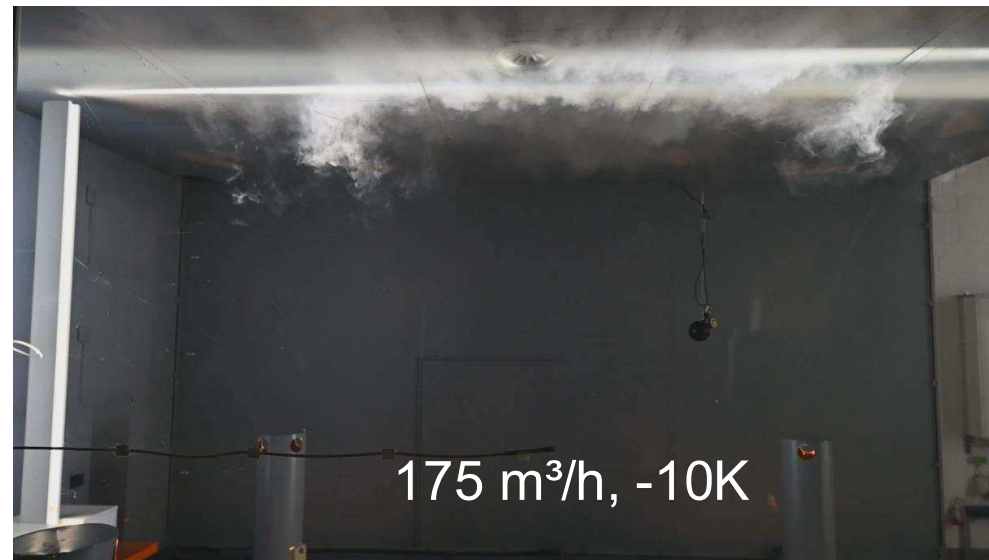


## Difusão do ar em espaços sem teto falso

Sem teto falso



Com teto falso



## Difusão do ar em espaços sem teto falso

Efeito da variação do caudal de ar, mantendo o  $\Delta t_z$

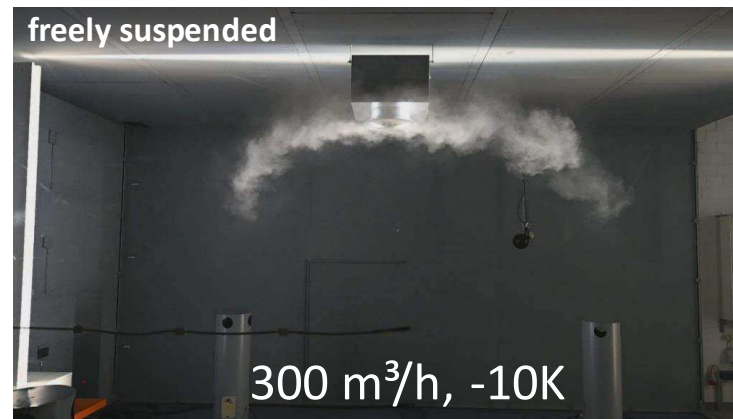
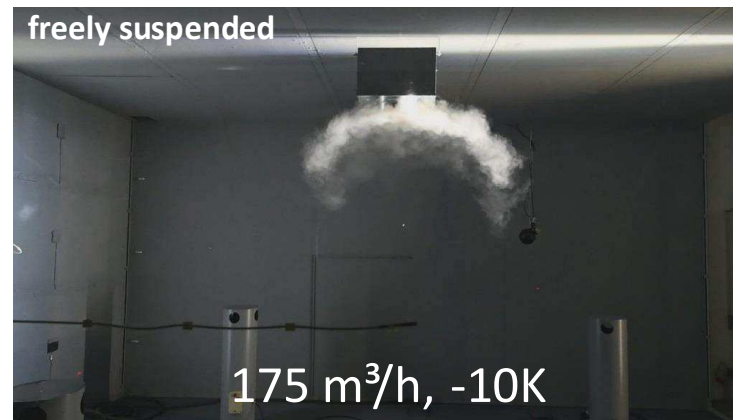
Número de Arquimedes

$$A_r = \frac{g * h * \Delta t}{T_r * u_0^2}$$

$\Delta t_z$  = Diferencial de temperaturas entre:

$t_z$  = Temperatura do ar de insuflação

$T_r$  = Temperatura do ar ambiente





## Difusão do ar em espaços sem teto falso

Efeito da variação do  $\Delta t_z$ , mantendo o caudal de ar constante



Número de Arquimedes

$$A_r = \frac{g * h * \Delta t}{T_r * u_0^2}$$

$\Delta t_z$  = Diferencial de  
temperaturas entre:

$t_z$  = Temperatura do  
ar de insuflação

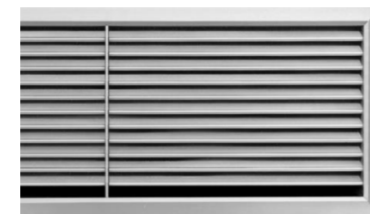
$T_r$  = Temperatura  
do ar ambiente

## Difusão do ar em espaços sem teto falso – solução com grelhas

Insuflação de jato livre				Insuflação junto ao teto			
Caudal de ar m <sup>3</sup> /h	Velocidade de insuflação m/s	Alcance L	Velocidade U <sub>L</sub> Alcance L m/s	Caudal de ar m <sup>3</sup> /h	Velocidade de insuflação m/s	Alcance L	Velocidade U <sub>L</sub> Alcance L m/s
774	5,0	10	0,49	774	5,0	14,2	0,49
1084	7,0	10	0,68	1084	7,0	14,2	0,68
1269	8,2	10	0,80	1269	8,2	14,2	0,80
1548	10,0	10	0,98	1548	10,0	14,2	0,98

Alcance junto ao teto = Alcance de insuflação livre x  $\sqrt{2}$

Variação do desvio do fluxo do ar de Insuflação de jato livre					
Velocidade de insuflação m/s	Caudal de ar m <sup>3</sup> /h	Dif. Temp. $\Delta t_z$ °C	Alcance L	Velocidade U <sub>L</sub> Alcance L m/s	Desvio do fluxo do ar m
5	770	-4	10	0,49	1,92
5	770	-6	10	0,49	2,89
5	770	-8	10	0,49	3,85
5	770	-10	10	0,49	4,81



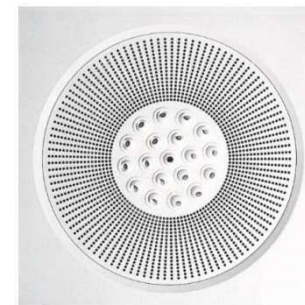
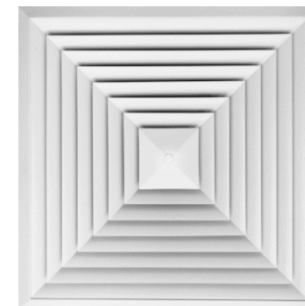
## Difusão do ar em espaços sem teto falso – solução com grelhas

- Não são indicadas para insuflação de jato livre
- O seu desempenho é fortemente influenciado pelo número de Arquimedes
- Grandes desvios do fluxo de ar em função do  $\Delta t_z$
- Não são aconselhadas para um nr. de renovações de ar acima de 5
- Baixa indução

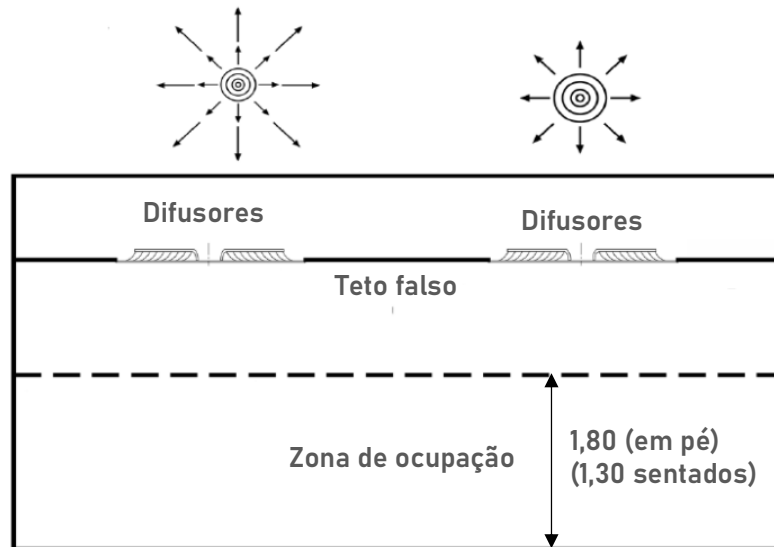


## Difusão do ar em espaços sem teto falso

### Difusores radiais



## Difusores radiais – quadrados ou circulares



- Necessitam de uma superfície plana horizontal
- Forte limitação na distância mín. entre dois difusores
- Não são adequados para  $\Delta t_z \geq \pm 10^\circ\text{K}$
- Funcionamento deficiente em sistemas VAV
- É necessário um prolongamento lateral quando a instalação é suspensa (sem teto falso), para assegurar o efeito Coanda

## Difusão do ar em espaços sem teto falso

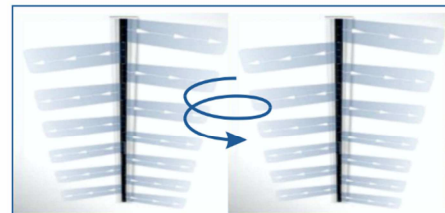
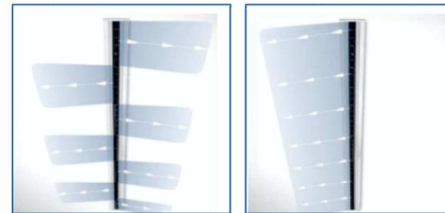
### Difusores lineares



# Difusão do ar em espaços sem teto falso

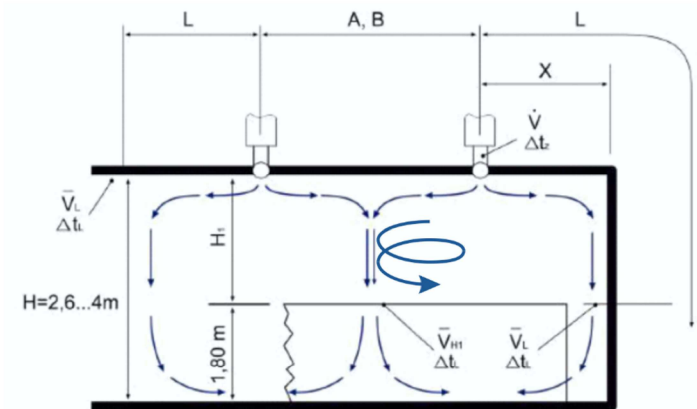
## Difusores lineares

- Importante para o seu desempenho o efeito Coanda e o Alcance Crítico
- É necessário um prolongamento lateral quando a instalação é suspensa, para assegurar o efeito Coanda
- Insuflação lateral para um lado ou ambos, ou vertical em alternativa
- A direção do fluxo de ar é ajustável de 150 em 150 mm



Efeito rotacional

Diminuição da velocidade residual





## Difusão do ar em espaços sem teto falso

Difusores lineares – com e sem prolongamento lateral (prolongamento Coanda)

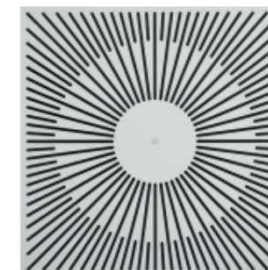
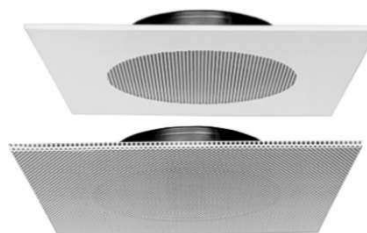
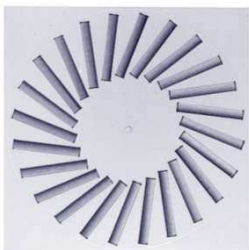


175 m<sup>3</sup>/h    2,8 metros entre difusores     $\Delta t_z -10^\circ\text{K}$



## Difusão do ar em espaços sem teto falso

### Difusores rotacionais



## Difusão do ar em espaços sem teto falso

### Caraterísticas dos difusores rotacionais

- Permitem insuflar um caudal de ar superior por metro quadrado da superfície da sala
- Podem ser colocados a uma distância menor entre eles
- A separação máxima entre difusores será de aprox. 4 metros, com alcance máximo por difusor de 1,5 a 2 m
- Possibilidade de montagem suspensa e em tetos de treliça ou ripas (depende do modelo)
- Gama de regulação do caudal do ar entre 100 e 50% do valor nominal (com dimensionamento adequado)

## Difusão do ar em espaços sem teto falso

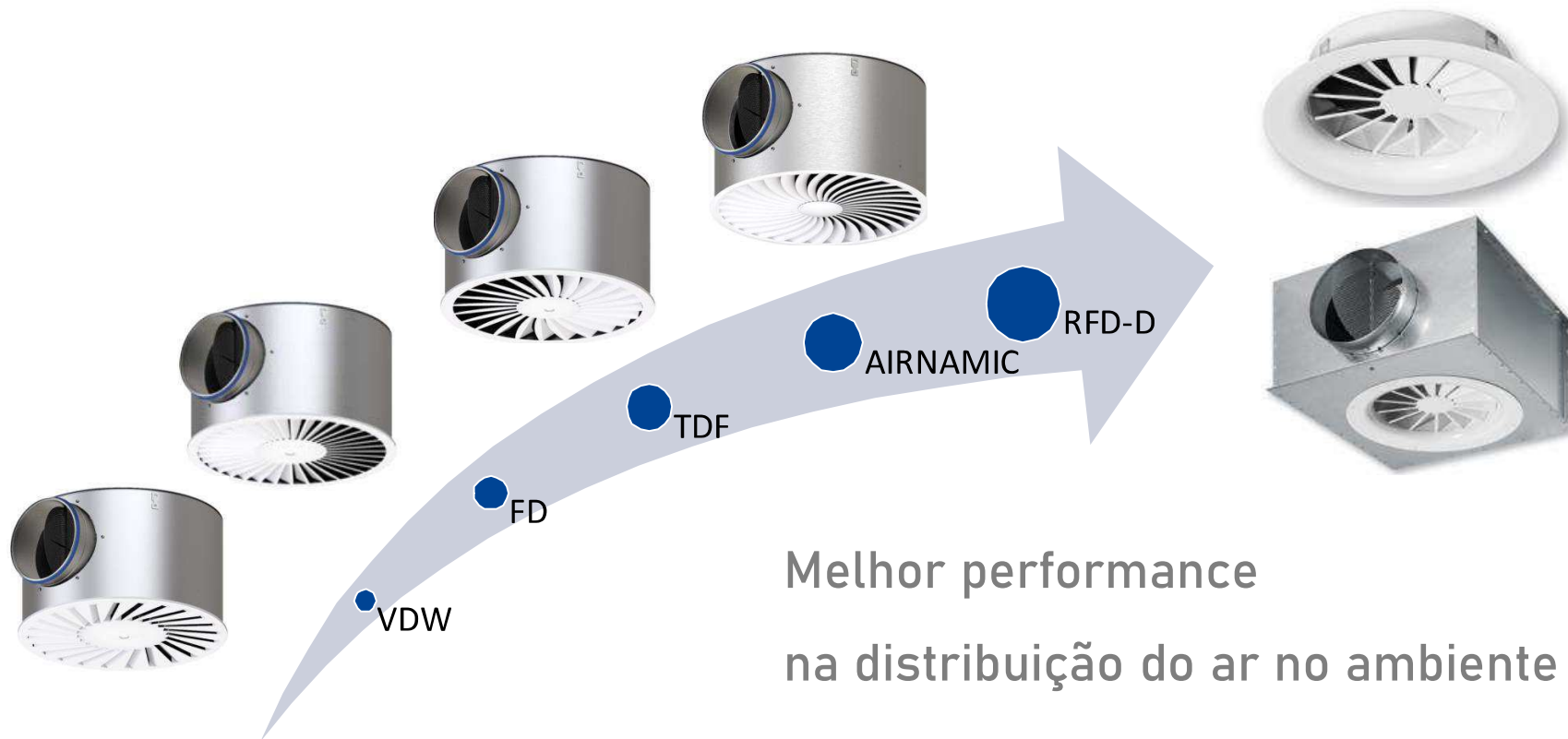
### Seleção dos difusores rotacionais

- O difusor deve ser selecionado para uma velocidade efetiva média/alta.
- Ter atenção ao caudal de ar mínimo (alcance crítico) e máximo (ruído).
- Possibilidade de incorporar um prolongamento “Coanda” para aumentar o alcance horizontal.
- Não exceder um diferencial de temperatura ( $\Delta t_z$ ) superior a  $\pm 10^\circ\text{K}$ .
- Gama de regulação do caudal de ar entre 100 e 50% do valor nominal (com dimensionamento adequado).
- O alcance aumenta proporcionalmente com o aumento do caudal de ar.



## Difusão do ar em espaços sem teto falso

Difusores rotacionais para instalação suspensa



## Difusão do ar em espaços sem teto falso

Comparação entre o difusor rotacional Airnamic/625 e um difusor rotacional RFD para duas situações com o mesmo  $\Delta t_z = -10^\circ\text{K}$  e com a mesma velocidade efetiva

Com teto falso

Sem teto falso

Airnamic/625

$V=800\text{m}^3/\text{h} \Rightarrow v_{\text{eff}}=3,6\text{m/s}$

$\Delta t_z = -10^\circ\text{K}$



RFD-R-D/400

$V=400\text{m}^3/\text{h} \Rightarrow v_{\text{eff}}=3,1\text{m/s}$

$\Delta t_z = -10^\circ\text{K}$

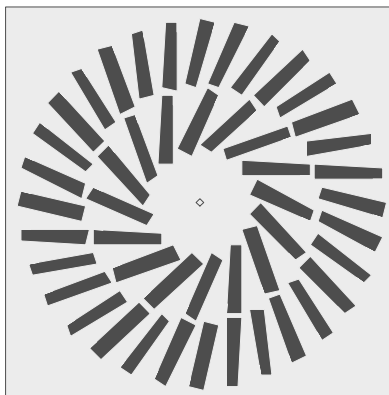


## Difusão do ar em espaços sem teto falso

Caso concreto de uma obra em Portugal/Lisboa

Ensaio feito na Trox-Alemanha/Report no. 20.006-B02 30/1/2020

Difusor rotacional  
sem disco Coanda



$\Delta t_z$  →





## Difusão do ar em espaços sem teto falso

Caso concreto de uma obra em Portugal/Lisboa

Ensaio feito na Trox-Alemanha/Report no. 20.006-B02 30/1/2020

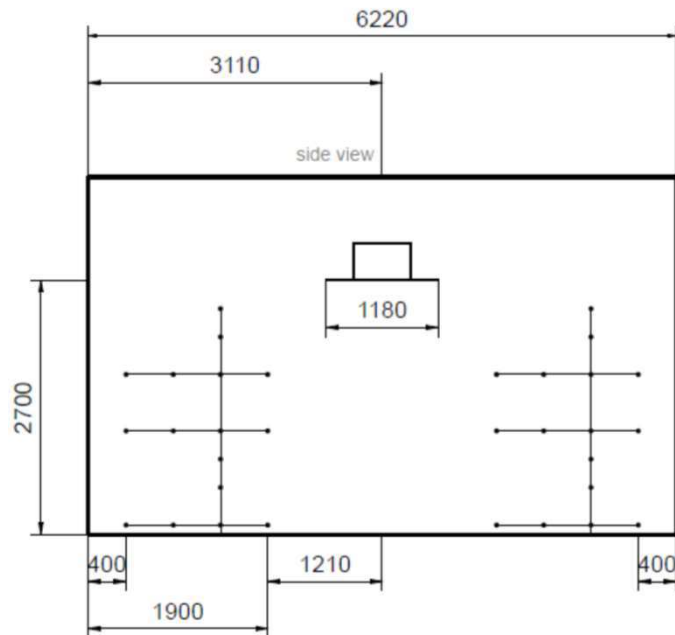
Difusor rotacional com “disco Coanda”



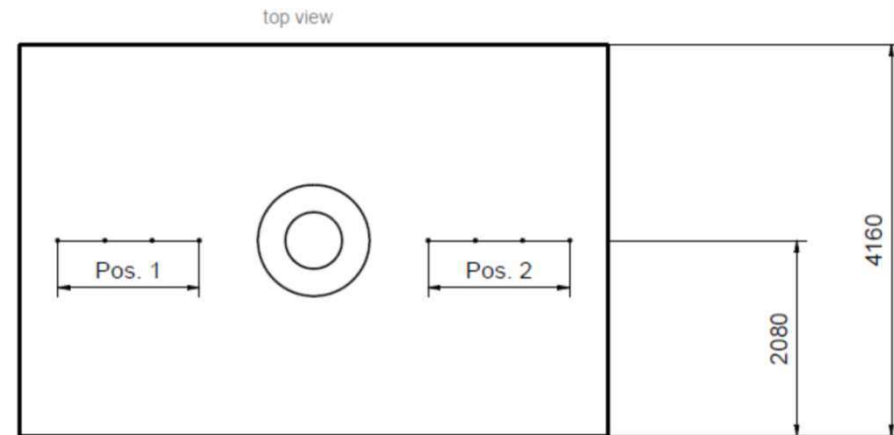
## Difusão do ar em espaços sem teto falso

Caso concreto de uma obra em Portugal/Lisboa

Ensaio feito na Trox-Alemanha/Report no. 20.006-B02 30/1/2020



Caudal do ar 485 m<sup>3</sup>/h /  $\Delta t_z = -10^\circ\text{K}$





## Difusão do ar em espaços sem teto falso

Caso concreto de uma obra em Portugal/Lisboa

Ensaio feito na Trox-Alemanha/Report no. 20.006-B02 30/1/2020



$V = 702 \text{ m}^3/\text{h}$   
 $\Delta t_z = -10^\circ\text{K}$

$V = 562 \text{ m}^3/\text{h}$   
 $\Delta t_z = -10^\circ\text{K}$

$V = 316 \text{ m}^3/\text{h}$   
 $\Delta t_z = -10^\circ\text{K}$



# Difusão do ar em espaços sem teto falso

Caso concreto de uma obra em Portugal/Lisboa

Ensaio feito na Trox-Alemanha/Report no. 20.006-B02 30/1/2020



2.4 m	0,20 m/s 33 % 20,7 °C 23,4 %			
2.1 m	0,23 m/s 26 % 20,6 °C 24,1 %			
1.7 m	x1 / y1		x4 / y4	
	0,26 m/s 47 % 20,1 °C 40,6 %	0,19 m/s 36 % 20,7 °C 21,7 %	0,18 m/s 28 % 20,7 °C 19,3 %	0,21 m/s 31 % 20,6 °C 23,9 %
	0,19 m/s 49 % 20,5 °C 26,5 %	0,18 m/s 52 % 20,8 °C 24,1 %	0,16 m/s 42 % 21,0 °C 19,0 %	0,15 m/s 38 % 20,8 °C 17,2 %
1.1 m				
0.8 m	0,14 m/s 42 % 21,0 °C 15,2 %			
0.5 m	0,14 m/s 41 % 21,1 °C 15,4 %			
0.1 m	0,15 m/s 36 % 21,1 °C 16,4 %	0,15 m/s 38 % 21,2 °C 15,9 %	0,14 m/s 44 % 21,4 °C 15,2 %	0,15 m/s 43 % 21,2 °C 16,2 %

## Difusão do ar em espaços sem teto falso

Caso concreto de uma obra em Portugal/Lisboa

Ensaio feito na Trox-Alemanha/Report no. 20.006-B02 30/1/2020

### Conclusões

A fim de alcançar a distribuição horizontal do ar com  $316\text{m}^3/\text{h}$ , o caudal de ar deverá ser superior a  $485\text{ m}^3/\text{h}$  inicialmente. Se o caudal de ar inicial não atingir os  $485\text{m}^3/\text{h}$ , a distribuição de ar será semelhante aos testes sem disco Coanda (não recomendado!).

Para diferenças de temperatura menores do que  $-10^\circ\text{K}$  (por exemplo,  $-5^\circ\text{K}$ ), o caudal e ar mínimo pode ser menor.

## 4. Difusão do ar em espaços climatizados com pé direito entre 2,6 a 4m

### Conclusões

## Difusão do ar em espaços climatizados com pé direito entre 2,6 a 4m

- Os difusores radiais e lineares necessitam de prolongamentos “Coanda” para assegurar o efeito de teto (efeito Coanda) e, portanto, aumentar o alcance horizontal
- Alguns modelos de difusores rotacionais podem ser instalados suspensos
- A separação máxima entre difusores será de 4 metros, com alcance máximo por difusor entre 1,5 e 2 metros
- Possibilidade de incorporar uma placa “Coanda” para aumentar o alcance horizontal
- O difusor deve ser selecionado para velocidade média/alta de insuflação
- Atenção especial ao caudal de ar mínimo (alcance crítico) e máximo (ruído)
- Não exceder um diferencial de temperatura ( $\Delta t_z$ ) superior a  $\pm 10^\circ\text{K}$
- Gama de regulação do caudal de ar entre 100 a 50% do valor nominal (com dimensionamento adequado)
- É possível instalar difusores acima de um teto falso de ripas ou treliça desde que:
  - A área livre de teto falso seja igual ou superior a 50%
  - A distância mínima entre difusor e teto seja superior a 150 mm
  - Observar as mesmas considerações quanto à necessidade de um “prolongamento Coanda”

## Difusão do ar em espaços climatizados com pé direito entre 2,6 a 4m

### Epílogo

Do exposto nesta súmula técnica aconselha-se uma análise detalhada de cada espaço (sala, gabinete, quarto, etc.) a tratar, optar pela melhor estratégia do ponto de vista do conforto e eficiência energética, dimensionar cada componente (difusor ou grelha) de difusão e extração de ar de modo a atingir o conforto que se exige à instalação AVAC.

## Agradecimentos

- À EFRIARC pela oportunidade em partilhar esta apresentação
- Aos convidados presentes pelo tempo precioso que me dedicaram – espero que tenha valido a pena;
- À empresa TROX pela sua honestidade técnica e sentido de responsabilidade para com os seus clientes e a comunidade técnica em geral, que reconheço desde a minha iniciação nesta área (1985)

A. Sampaio

Responsável técnico

Departamento de Ar Condicionado  
do Grupo Contimetra & Sistimetra